



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 10 820 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 02 C 3/34  
F 02 C 3/30

21 Aktenzeichen: 198 10 820.6  
22 Anmeldetag: 12. 3. 98  
43 Offenlegungstag: 24. 9. 98

DE 198 10 820 A 1

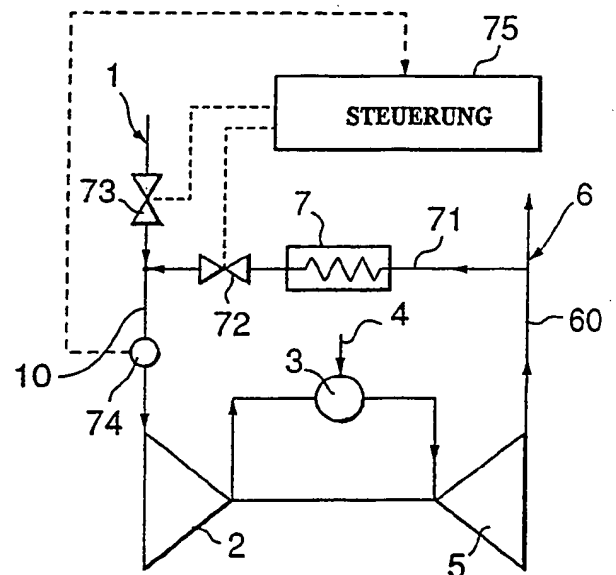
30 Unionspriorität:  
9-066250 19. 03. 97 JP  
71 Anmelder:  
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokio/Tokyo, JP  
74 Vertreter:  
Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

72 Erfinder:  
Mandai, Shigemi, Takasago, Hyogo, JP; Gora, Tetsuo, Takasago, Hyogo, JP; Nishida, Hiroyuki, Takasago, Hyogo, JP; Inada, Mitsuru, Takasago, Hyogo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Brenner mit niedrigem NO<sub>x</sub>-Wert und Gasturbinenvorrichtung mit einem solchen Brenner

57 Der vorliegende Brenner 3 mit niedrigem NO<sub>x</sub>-Wert und die zugehörige Gasturbinenvorrichtung verringern bei Verwendung eines Brennstoffs 4 mit Stickstoffkomponenten die Umwandlungsrate dieser Komponenten zu NO<sub>x</sub>, indem die Verbrennungsluft mit einem Gas niedrigerer Sauerstoffkonzentration als die Atmosphäre gemischt wird, so daß der Sauerstoffanteil in der sich ergebenden Luftmischung zwischen 13 und 17%, vorzugsweise zwischen 14 und 16% gehalten wird. In einer Gasturbinenvorrichtung kann die genannte Mischung aus Luft 1 und sauerstoffarmem Gas durch Verwendung von Verbrennungs-Abgasen aus der Turbine 5 erzeugt werden, indem eine Kühleinrichtung 7 vorgesehen wird, die die Temperatur der Verbrennungs-Abgase verringert und die gekühlten Gase dem Einlaß eines Luftkompressors 2 zuführt. Es kann auch ein Abgaskompressor am Abgastrakt der Turbine vorgesehen sein, um dem Einlaß des Brenners 3 unter Druck gesetzte Abgase zuzuführen.



DE 198 10 820 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Brenner mit niedrigem NOx-Wert bzw. verringertem NOx-Anteil, bei einem Brennstoffgas, das eine Stickstoffkomponente (Brennstoff-N) wie beispielsweise Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) enthält, beispielsweise Brennstoffgas, das durch Kohlevergasung erhalten wird. Insbesondere betrifft die Erfindung einen in einer Gasturbine verwendeten Brenner mit niedrigem NOx-Wert und eine Gasturbinenvorrichtung mit einem solchen Brenner.

Wie in Fig. 4 gezeigt, stellt eine Gasturbinenvorrichtung eine Wärmekraftmaschine dar, die Luft und Verbrennungsgase als Betriebsmedium nutzt. Sie umfaßt in erster Linie einen Luftkompressor 2, der das Gas adiabatisch komprimiert, einen Brenner 3, der das Gas unter konstantem Druck erhitzt und eine Turbine 5, die das Gas adiabatisch expandieren läßt.

Kohlengasturbinenvorrichtungen wurden in der Vergangenheit wie oben beschrieben mit Brennern verwendet. Diese Turbinenvorrichtungen nutzen Gase mit Stickstoffkomponenten (Brennstoff-N) wie beispielsweise Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), die durch Kohlevergasung erhalten werden, als Brennstoff.

In Gasturbinenvorrichtungen dieser Art wird atmosphärische Luft 1 in einem Luftkompressor 2 verdichtet und in einen Brenner 3 eingeführt. In einer (nicht dargestellten) Vergasungsanlage produziert Kohlegas wird als Brennstoff 4 genutzt, der mit der verdichteten Luft zusammengebracht und in dem Brenner 3 verbrannt wird. Die bei dieser Verbrennung erzeugten Gase hoher Temperatur werden in die Turbine 5 geleitet, wo sie sich vor dem Ablassen entspannen können. Diese Gase können zum Antrieb eines Generators oder ähnlichem verwendet werden. Nachdem sie in der Turbine 5 ihre Arbeit verrichtet haben, werden die heißen Gase normalerweise als Abgas 6 in die Umwelt abgelassen.

Ammoniakkomponenten, die in der als Ausgangsmaterial für das Kohlegas verwendeten Kohle enthalten sind, liegen nach der Vergasung auch in dem Gas vor. Durch Verbrennung werden sie in NOx umgewandelt. Diese Gase werden "Brennstoff-NOx" genannt. Das Vorhandensein dieser Stickstoffkomponenten im Brennstoff verursacht eine hohe Konzentration an NOx im Abgas der Anlage. Für Brenner, die Brennstoff mit Stickstoffkomponenten wie Ammoniak verbrennen, war dies ein unausweichliches Problem.

Aus diesem Grunde nutzen Brenner in der öffentlichen Energieversorgung Verfahren wie den sogenannten zweistufigen Verbrennungsprozeß, bei dem zur Förderung der Umwandlung von NO in  $\text{N}_2$  in einer ersten Stufe Überschuß-Brennstoff verbrannt und die übrigen unverbrannten Komponenten dann in einer zweiten Stufe vollständig verbrannt werden. Beispielsweise wurde als Ergebnis von Versuchen mit Verdichtungs- und Verbrennungsbedingungen beobachtet, daß die Konzentration an NOx in dem Verbrennungsgas wenige ppm beträgt, wenn das Gas, dessen Komponenten vergast Kohle entsprechen, kein Ammoniak enthält. Wenn die Konzentration an  $\text{NH}_3$  im Brennstoff jedoch etwa 900 ppm beträgt, dann erhöht sich die NOx-Konzentration im Verbrennungsgas auf etwa 140 ppm.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Verbrennungstechnik mit niedrigem NOx-Wert anzugeben. Die Lösung gelingt mit der in den Ansprüchen angegebenen Erfindung.

Dabei sollte die in den Kompressor eingesaugte Umgebungsluft vorteilhafterweise vorverbrannt werden, um Luft mit niedrigem Sauerstoffgehalt zu erzeugen. Vorzugsweise sollte Abgas von der Verbrennung in der oben erläuterten Turbine, das eine niedrige Sauerstoffkonzentration aufweist,

verwendet werden.

Mit der vorliegenden Erfindung wird vorteilhafterweise ein Teil des Abgases von dem Brenner selbst, der die Sauerstoffkonzentration verringert, oder von der Turbine zurückgeführt und als Gas mit niedrigem Sauerstoffgehalt in den Brenner eingeleitet. Die Temperatur des Verbrennungs-Abgases von der Turbine kann mittels Hindurchleiten durch eine Kühleinrichtung vor der Zufuhr zum Einlaß des Luftkompressors gekühlt werden oder das Verbrennungs-Abgas von dem Auslaßtrakt der Turbine kann vor dem Zuführen zum Einlaß des Brenners in einem Kompressor unter Druck gesetzt werden.

In dem Brenner mit niedrigem NOx-Wert der Erfindung wird vorzugsweise eine gewisse Gasmenge mit niedrigerer Sauerstoffkonzentration als die Atmosphäre, beispielsweise Abgas von der Turbine oder dem Brenner selbst, in die zur Verbrennung verwendete Luft eingeleitet. Dies soll den Sauerstoffgehalt der Luft in der Brennkammer auf 13 bis 17%, vorzugsweise auf 14 bis 16% reduzieren.

Wenn der Sauerstoffgehalt der Luft auf den zuvorgenannten Bereich abgesenkt wird, liegt die Umwandlungsrate von  $\text{NH}_3$  im Brennstoff zu NOx durch die Verbrennung niedriger als bei normal sauerstoffhaltiger Luft. Auf diese Weise ist es möglich, die von einer Anlage wie beispielsweise einer Turbine abgegebene NOx-Konzentration zu verringern.

In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Gasturbinenvorrichtung mit Brenner mit niedrigem NOx-Wert nach einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Gasturbinenvorrichtung mit einem Brenner mit niedrigem NOx-Wert nach einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 3 eine Kurve für den Zusammenhang zwischen der Sauerstoffkonzentration in der zur Verbrennung verwendeten Luft und der Umwandlungsrate von Stickstoffkomponenten im Brennstoff in NOx gemäß Versuchsergebnissen, die die Grundlage der Erfindung darstellen, und

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Gasturbinenvorrichtung nach dem Stand der Technik.

Im folgenden wird unter Bezug auf die Zeichnungen eine ausführliche Erläuterung zweier bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung gegeben. Wo nicht anders angegeben, ist die Erfindung nicht auf die dargestellten Dimensionen, das Material, die Form und die wechselseitige Anordnung der Bauteile der Ausführungsbeispiele beschränkt. Insofern dienen die Ausführungsbeispiele lediglich der Illustration.

Die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung, die eine Gasturbinenvorrichtung mit einem Brenner mit niedrigem NOx-Wert betreffen, werden im folgenden unter Bezug auf die Fig. 1 und 2 erläutert. In der Gasturbinenvorrichtung dieser Ausführungsbeispiele wird Umgebungsluft 1 in einem Luftkompressor 2 verdichtet und einem Brenner 3 zugeführt. Als Brennstoff 4 wird mittels einer (nicht dargestellten) Vergasungsanlage erzeugtes Kohlegas verwendet, das zusammen mit der genannten unter Druck gesetzten Luft in dem Brenner 3 verbrannt wird. Die entstehenden heißen Gase werden der Turbine 5 zugeleitet, wo sie sich entspannen können und nach außen abgelassen werden. Diese Gase können zum Antrieb eines Generators oder ähnlichem verwendet werden. Nachdem die heißen Gase ihre angegebene Arbeit in der Turbine 5 verrichtet haben, werden sie normalerweise als Abgas 6 nach außen abgegeben. Soweit entspricht die Erfindung dem in Fig. 4 dargestellten Stand der Technik.

## Erstes Ausführungsbeispiel

Im folgenden wird eine Beschreibung des Brenners in dem in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung gegeben. Die Beschreibung konzentriert sich auf Aspekte des Ausführungsbeispiels, die sich von dem oben erläuterten Stand der Technik unterscheiden.

In Fig. 1 bezeichnet 7 eine Kühleinrichtung zum Kühlen der Verbrennungs-Abgase 6, die von der Gasturbine 5 abgegeben werden. Die Einrichtung 7 ist an einer Rückführleitung 71 angeordnet, die die Abgasleitung (den Auslaßtrakt) 60 der Gasturbine und den Lufteinlaßtrakt (die Umgebungsluft-Einlaßleitung) 10 zum Luftkompressor überbrückt.

Mit 72 und 73 sind Ventile zur Steuerung des von dem Auslaßanschluß der Kühleinrichtung 7 und von dem Einlaßtrakt kommenden Volumenstroms, jeweils stromaufwärts der Verbindung der Überbrückung 71 mit der Leitung 10 bezeichnet. Ein Sensor zur Überwachung der Sauerstoffkonzentration ist mit 74 bezeichnet. Er ist an dem Lufteinlaßtrakt 10 auf der Einlaßseite des Kompressors, stromabwärts der Verbindung zwischen der Überbrückung 71 und dem Trakt 10 angeordnet. Eine Steuerung 75 steuert die Ventile 72 und 73 auf der Grundlage eines Signals von dem Sauerstoffsensor 74. Die Steuerung hält die Sauerstoffkonzentration in der vom Luftkompressor 2 angesaugten Gas Mischung (Luft und Abgase) bei etwa 15%.

Die Abgase 6 von der Gasturbine 5 weisen eine sehr geringe Sauerstoffkonzentration und eine hohe Temperatur auf. Die Temperatur dieser Gase verringert sich während des Durchströmens der Kühleinrichtung 7 an der Rückführleitung 71. Über die Ventile 72 und 73 werden die Gase dem Lufteinlaßtrakt 10 des Luftkompressors 2 zugeführt. Dabei werden sie mit der durch das Ventil 73 kommenden Umgebungsluft 1 gemischt. So kann die Sauerstoffkonzentration in der in den Kompressor 2 eingesaugten Luft auf den Pegel von 15% verringert werden.

Die Luft mit auf 15% verringertem Sauerstoffpegel, die in den Kompressor 2 eintritt, wird dort unter Druck gesetzt und zur Verbrennung dem Brenner 3 zugeführt. Als Brennstoff 4 wird Kohlendgas verwendet, das mit der unter Druck gesetzten Luft in dem Brenner 3 verbrannt wird. Dabei kann die Umwandlungsrate von  $\text{NH}_3$  in dem Brennstoff zu  $\text{NO}_x$  bei der Verbrennung im Brenner 3 auf etwa 30% verringert werden.

Mit der Erfindung werden die Abgase von der Turbine 5, die eine niedrigere Sauerstoffkonzentration als Umgebungsluft aufweisen, zu der in den Kompressor 2 eingesaugten Luft hinzugefügt. So wird die Umwandlungsrate von Stickstoffkomponenten im Brennstoff zu  $\text{NO}_x$  bei Verbrennung der Brennstoff-Luft-Mischung im Brenner 3 herabgesetzt.

## Zweites Ausführungsbeispiel

Im folgenden wird der in Fig. 2 gezeigte Brenner erläutert, der ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung darstellt. Die Erläuterung erfolgt im wesentlichen für die Aspekte der Vorrichtung, die von der in Fig. 1 gezeigten verschieden sind.

In Fig. 2 bezeichnet 8 einen Abgaskompressor, der an einer Rückführleitung 81 angeordnet ist. Die Leitung 81 verbindet die Auslaßleitung (den Auslaßtrakt) 60 der Gasturbine mit der Auslaßseite des Luftkompressors (d. h. dem Einlaßanschluß des Brenners). Eine Einrichtung zum Kühlen der von der Gasturbine 5 abgegebenen Verbrennungs-Abgase 6 ist mit 84 und ein Sauerstoffsensor mit 82 bezeichnet. Dieser ist auf der Einlaßseite des Brenners, stromabwärts der Verbindung der Umleitung 81 mit der Hauptleitung angeordnet. Eine Steuerung 83 regelt auf Grundlage ei-

nes Signals von dem Sauerstoffsensor 82 die Kompressoren 2 und 8 (d. h. sie steuert das Gasvolumen in den Kompressoren 2 und 8). Anders ausgedrückt regelt die Steuerung das Volumen der ausströmenden Gase so, daß die Sauerstoffkonzentration in der durch den Brenner geleiteten Gas Mischung (Luft und Abgase) bei etwa 15% gehalten wird.

In diesem Ausführungsbeispiel wird Gas unter dem vom Kompressor 2 erzeugten Druck an den Einlaßanschluß des Brenners 3 geleitet. Da dieser Druck hoch ist, können die Abgase von der Gasturbine 5, die sich auf dem Innendruck der Auslaßleitung (des Auslaßtrakts) 60 befinden nicht dem Brenner 3 zugeleitet werden. Daher werden die Abgase von der Turbine 5 von der Einrichtung 84 gekühlt, bevor sie in den Abgaskompressor 8 geleitet werden. Und sie werden auf einen Druck gebracht, der gleich groß oder größer als der Druck der vom Kompressor 2 abgegebenen Luft ist. Die Mischung aus Luft und Abgasen, deren Sauerstoffanteil auf 15% verringert ist, wird dem Einlaßanschluß des Brenners 3 zugeführt. Dort wird Kohlendgas, das als Brennstoff 4 dient, zusammen mit der unter Druck gesetzten Luft verbrannt. In diesem System beträgt die Umwandlungsrate von  $\text{NH}_3$  in dem Brennstoff zu  $\text{NO}_x$  bei der Verbrennung des Brennstoffs im Brenner 3 etwa 30% und ist niedriger als bei Verwendung von Umgebungsluft.

In diesem Ausführungsbeispiel werden die unter hohem Druck befindlichen Abgase 6 von der Gasturbine 5, die eine geringere Sauerstoffkonzentration als die Atmosphäre aufweisen, der in den Brenner 3 eingeführten unter Druck gesetzten Luft hinzugesetzt. Wenn der Brennstoff dort verbrannt wird, kann die Umwandlungsrate von in ihm enthaltenen Stickstoffkomponenten zu  $\text{NO}_x$  bei diesem System niedrig gehalten werden.

Aus Fig. 3 ist ersichtlich, daß die Umwandlungsrate der Stickstoffkomponenten im Brennstoff und in der Verbrennungsluft zu Stickoxiden bei einer Sauerstoffkonzentration in der Verbrennungsluft von 13 bis 17%, vorzugsweise 14 bis 16% und insbesondere bei 15% besonders niedrig ist.

## Patentansprüche

1. Brenner mit niedrigem  $\text{NO}_x$ -Wert, in den ein sauerstoffhaltiges Brenngas zur Unterhaltung einer Verbrennung von Brennstoff, der mindestens eine Stickstoffkomponente enthält, eingeleitet wird, wobei das Brenngas eine Sauerstoffkonzentration aufweist, die im Bereich von 13 bis 17% gehalten wird.
2. Brenner nach Anspruch 1, wobei die Stickstoffkomponente Ammoniak beinhaltet.
3. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Brenngas durch Mischen von Luft mit Gas niedrigerer Sauerstoffkonzentration als Umgebungsluft gebildet ist.
4. Gasturbinenvorrichtung, wobei in einem Luftkompressor (2) unter Druck gesetzte Luft und ein mindestens eine Stickstoffkomponente enthaltender Brennstoff (4) in einen Brenner (3) eingeleitet und unter Erzeugung heißer Abgase (6) verbrannt werden, wobei die heißen Abgase von dem Brenner zu einer Gasturbine (5) geleitet werden, sich in der Turbine entspannen können und nach Arbeitsleistung in der Turbine abgegeben werden, und wobei die unter Druck gesetzte Luft eine im Bereich von 13 bis 17% gehaltene Sauerstoffkonzentration aufweist, indem ein Teil der von der Turbine abgegebenen Abgase zu der Luft vor oder nach ihrer Verdichtung in dem Luftkompressor (2) zurückgeführt wird.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei der rückgeführte Anteil der Abgase (6) von einem Turbinenauslaß (60) über eine Rückführleitung (71) zu einem Luftein-

laß (10) des Luftkompressors (2) geleitet und vor der Kompression von Ansaugluft (1) durch den Luftkompressor mit der Luft gemischt wird, wobei die Vorrichtung außerdem eine Kühleinrichtung (7) an der Rückführleitung aufweist, um die rückgeführten Abgase vor dem Mischen mit der Kompressor-Einlaßluft zu kühlen. 5

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei der rückgeführte Teil der Abgase (6) von einem Turbinenauslaß (60) durch eine Rückführleitung (81) geleitet und mit unter Druck gesetzter Luft von einem Luftkompressor (2) vor dem Einleiten der unter Druck gesetzten Luft in den Brenner (3) gemischt wird, wobei die Vorrichtung außerdem einen Abgaskompressor (8) an der Rückführleitung aufweist, um die rückgeführten Abgase mindestens auf den Druck der Luft von dem Luftkompressor zu verdichten. 10 15

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG.1

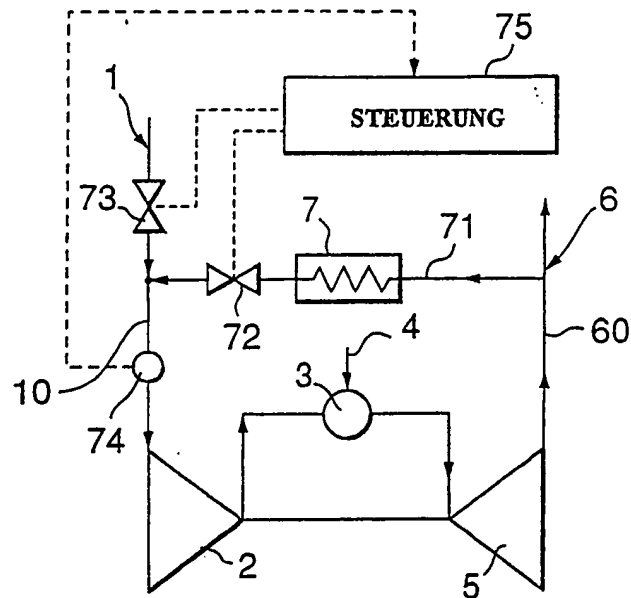


FIG.2

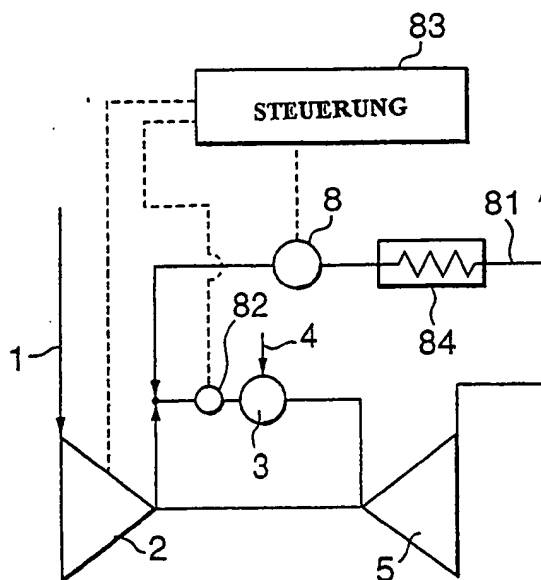


FIG.3

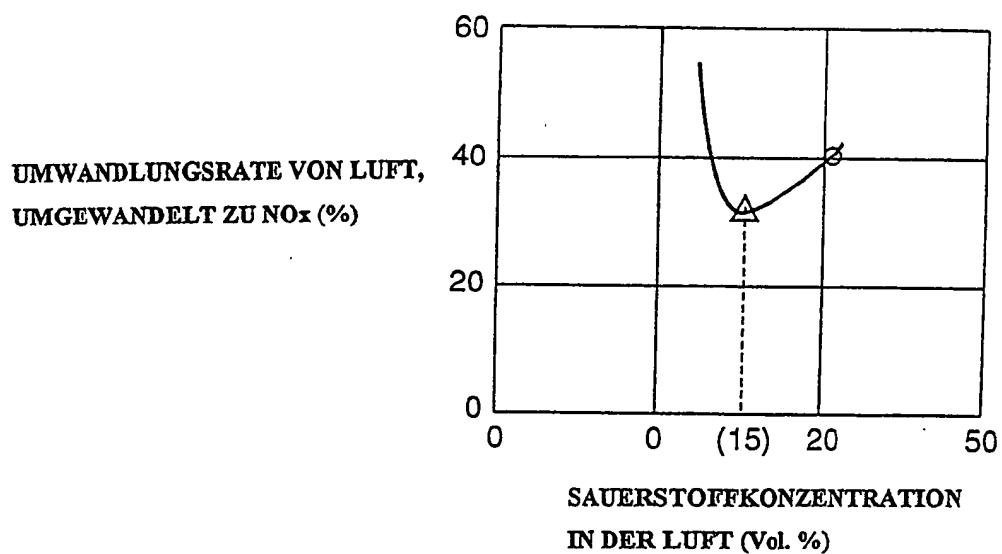


FIG.4

